知识管理论坛 ISSN 2095-5472 CN11-6036/C
Knowledge Management Forum

E-mail: kmf@mail.las.ac.cn
http://www.kmf.ac.cn

【研究论文】

基于社会网络的学者科研合作与其跨学科性的关系研究

——以天体物理学领域学者为例

殷茜[1,2] 李泽霞[1]

[1] 中国科学院文献情报中心 北京 100190
[2] 中国科学院大学经济与管理学院信息资源管理系 北京 100190

摘要：[目的 / 意义] 探索学者的科研合作与其跨学科性的关系，以期为从事跨学科研究的学者优化自身科研合作模式提供参考建议，为在培养跨学科人才的过程中优化科研合作策略提供依据。[方法 / 过程] 基于普赖斯核心作者分布定律选取学者。基于 Web of Science 论文数据构建作者共现网络，用社会网络指标点度中心性测度合作规模，点聚集系数测度团体合作率，国际合作论文量占比测度国际合作率；基于 Rao-stirling 指数测度学者的跨学科性。从学者个体层面出发，分析各指标间的关系。[结果 / 结论] 以天体物理学领域学者为研究对象，研究结果表明学者的合作规模、团体合作率、国际合作率都与其跨学科性显著正相关，合作规模、团体合作率、国际合作率为影响学者跨学科性相关表现的因素，进而推断学者扩大合作规模、参与团体合作和国际合作有助于其输入跨学科知识，从而完善自身知识结构，产出高质量研究成果。

关键词：科研合作 跨学科性 社会网络 文献计量

分类号：G250

引用格式：殷茜 , 李泽霞 . 基于社会网络的学者科研合作与其跨学科性的关系研究 : 以天体物理学领域学者为例 [J/OL]. 知识管理论坛 , 2022, 8(3): 193-201[引用日期]. http://www.kmf.ac.cn/p/344/.

随着科技产业的快速发展，全球竞争日益激烈，越来越多的现实性复杂问题需要多方利益相关者跨越学科界限、集成各学科专业知识来协同解决 [1]。跨学科研究指一种由个人或团体整合来自两个或多个专业知识或研究实践的观点 / 概念 / 理论、方法 / 工具以及信息 / 数据的研究模式，其目的是解决单个研究实践领域无法解决的问题或者加快对基础研究的理解 [2]。当前，世界各国或地区纷纷表现出对跨学科研究的重视。美国国家科学院于 2005 年发布了《促进跨学科研究》报告并在报告中为从事跨学科研究的部门和工作人员如何推动跨学科研究开展提供了建议和指南 [3]；欧盟 2020 未来新兴技术计划的目标中提到“以一种全新、高风险的思路来促进跨学科研究之间的科研合作，从而加快发展最有前途的新兴领域的科学技术” [4]；

作者简介：殷茜，硕士研究生；李泽霞，研究员，博士，硕士生导师，通信作者，E-mail：lizexia@mail.las.ac.cn。

收稿日期：2023-03-30 发表日期：2023-06-16 本文责任编辑：刘远颖

中国国家自然科学基金委员会通过管理政策导向和为学科交叉设置专门经费等方式，引导和激励各科学部门主动资助跨学科部的科学研究 [5]，并于 2020 年成立交叉科学部，以探索建立学科交叉研究范式，培养交叉科学人才。依据跨学科研究文献署名的作者数量，可以将跨学科研究分为个体跨学科研究和合作式跨学科研究。其中，合作式跨学科研究是真正推动知识创新和科学进步的重要途径 [6]。许多重大科学发现都是合作式跨学科研究的成果，如来自生物、物理和化学领域的科学家合作发现 DNA 双螺旋结构，开启了生物分子学的时代 [7]；来自物理和医学领域的科技人员共同研发的磁共振成像技术为生物医学成像开辟了一个极富生命力的领域 [8]。

跨学科研究在科技发展中扮演着非常重要的角色，随着新一轮科技革命的深入，促进跨学科研究也成为国内外关注的重点。已有学者跨学科性相关因素研究分别从学者的学术年龄、性别、研究兴趣等方面开展了有益探讨。在学术年龄方面，J. Pessoa 等 [9] 发现跨学科性随着学者的学术年龄增长而增长，认为更有丰富经验的学者更倾向于参与跨学科研究；A. Lindgreen 等 [10] 提出跨学科研究并不一定需要具有丰富经验或专业知识的学者参与。在性别方面，R. Diana 等 [11] 指出相比男性同行，女性学者可能会以更高比率被吸引到学科交叉领域，从事跨学科研究；F. J. V. Rijnsoever 等 [12] 同样发现女性会更多地参与跨学科研究，研究经验、工作时间均与其跨学科性存在显著正相关关系。在研究兴趣方面，S. Feng 等 [13] 发现具有跨学科性的研究主题会更加引起学者的兴趣，而且具备多个学科领域研究经验的学者更乐于参加或从事跨学科研究；A. Milman 等 [14] 通过调研 526 名博士研究生发现，个人的研究兴趣、研究的社会有益性和享受合作都有助于推动跨学科研究的开展。

然而，鲜有研究从学者合作的角度对学者跨学科性进行探讨。跨学科研究需要具备多学科领域知识的学者协同开展 [15]。科研合作是学者学术交流与切磋的重要方式，是输入知识、实现知识融合、资源共享的重要途径。近年来，国际化科研合作也呈现出逐渐增强的趋势 [16]。S. J. Pierce[17] 提出合作是跨学科信息转移的重要模式之一，合作者能够参与到不同学科信息的解释和应用中。有研究发现，跨学科性与学术影响力显著正相关 [18-19]。故笔者从科研合作的角度定量分析学者不同的科研合作特征与其跨学科特征的关系，探索哪些合作特征影响学者的跨学科性，有助于学者输入跨学科知识，从而完善学者自身的知识结构，产出更高质量和影响力的成果。这些合作特征将为从事跨学科研究的学者合理规划自身科研合作模式提供参考，并为在培养交叉科学人才的过程中优化科研合作策略提供依据。

1 研究设计

1.1 研究框架

学者科研合作与其跨学科性关系的分析流程分为 4 个阶段：学者选取、科研合作特征测度、跨学科性测度和相关关系分析。研究框架见图 1。

首先，基于普赖斯核心作者分布定律初步筛选出学者，下载每位学者发表的文献数据后开展实体消歧，对与学者同名的数据进行预处理，确认该学者是否发表过此篇文献。然后进行文本标注，最终获得每位学者发表的论文及论文参考文献信息。其次，基于这些学者的论文，一方面测度学者的不同合作特征，具体方法是先计算作者共现频次构建作者共现网络，然后选用社会网络指标点度中心性、点聚集系数分别测度学者的合作规模、团体合作率；统计每篇文献的机构所属国别的数量，用国际合作论文量占比测度国际合作率。另一方面测度学者的跨学科性。跨学科性指研究的跨学科特征，如知识跨学科分布与扩散的特征 [20]。从知识基础视角来看，测度跨学科性的方法分为基于目标文献（即学者发表的文献）的测度和基于参考文献的测度方法 [21]。

ChinaXiv合作期刊
知识管理论坛，2023(3): 193-201
DOI: 10.13266/j.issn.2095-5472.2023.017

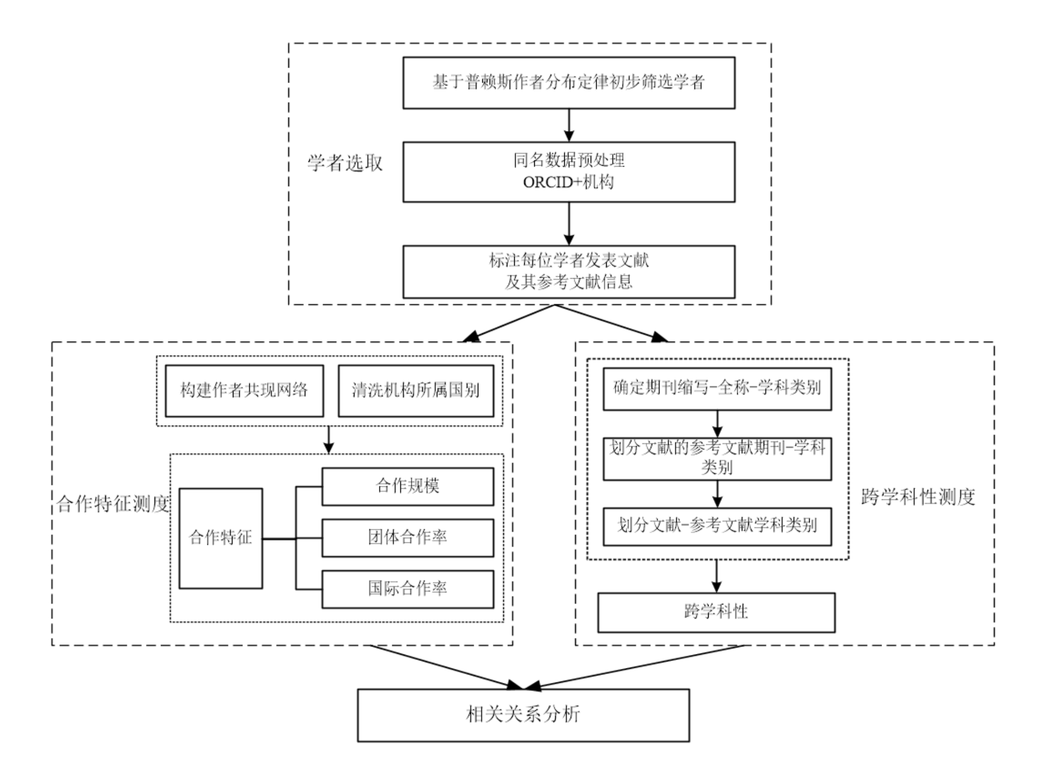


图 1 研究框架

跨学科的核心概念在于“知识整合”，参考文献的多样性从逻辑上来讲能够较好地用于知识整合的测度 [22]，不同学科知识从参考文献流向施引文献的过程反映了其他学科领域的知识输入该领域的情况。基于此，笔者将学者的跨学科性定义为学者所有论文的参考文献的学科分布特征，反映学者输入知识的跨学科情况。选用基于参考文献的测度方法来衡量学者的跨学科性。基于期刊引证报告 (Journal Citation Report，JCR)2021 提供的期刊简称—全称—学科类别数据，依靠参考文献所属期刊的学科分类来划分参考文献的学科类别。最后，利用皮尔逊相关系数分析学者的合作特征指标与跨学科性指标的相关性。

1.2 学者选取

美国著名的科学计量学家普赖斯研究了作者人数与科学文献数量之间的关联性，并且注意到了精英对科学发展的巨大作用以及不同能力层次的科学家之间的定量关系。随后普赖斯在《小科学，大科学》一书中提出了普赖斯核心作者分布定律，即在同一主题领域，一群高生产力作者所写的文献数量约占总文献数量的一半。这一作者集合约等于全部作者总数的平方根 [23]。普赖斯作者分布定律的表现公式如下所示：

$$M = 0.749\sqrt{n_{max}} \qquad \text{公式（1）}$$

其中，M 为科学家中核心作者的最低发文量，n_{max} 为最高产的作者的发文量。在文献计量学领域，普赖斯核心作者分布定律成为一种筛选科学界核心研究力量的有效方法。笔者基于该定律确定科学家中核心学者的最低发文量的阈值，筛选出某一领域内核心学者集合作为研究对象。

初步获得学者列表，逐一下载每位学者发表文献的机构、标题、作者名称、开放研究者与贡献者身份识别码（Open Researcher and Contributor ID，ORCID）及其参考文献等字段数据。分析可靠的文本数据是获取可信结果



的基石。考虑到这些文献是否全部由学者本人发表，需要对与学者同名的数据进行处理以确认。基于对 ORCID 和个人学术网站的唯一性、ORCID 数据集收录存在时间上的滞后性、同一学者的机构在较长年限间可能会发生变化等问题的考虑，笔者设计了学者同名数据预处理流程，如图 2 所示：

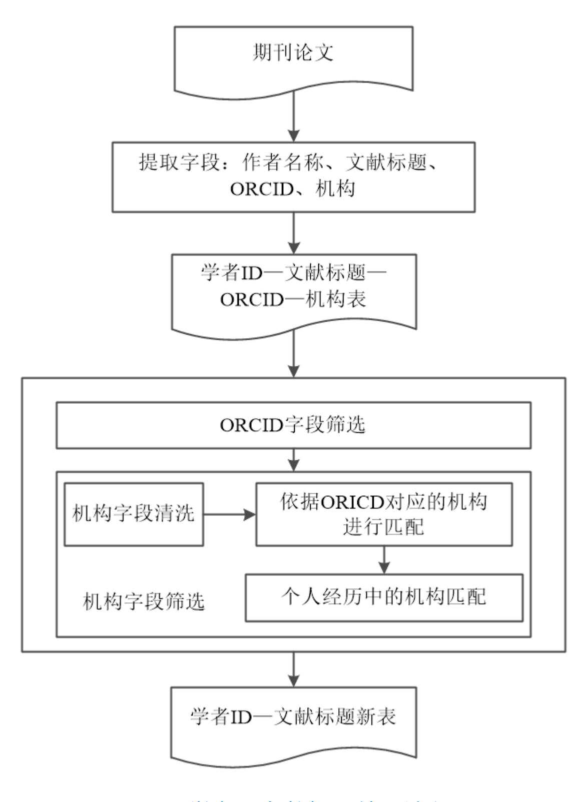


图 2 学者同名数据预处理流程

在 Web of Science 数据库下载格式化期刊论文的全字段数据后，笔者为每位学者建立了学者 ID—文献标题—DOI—ORCID—机构的二维表。ORCID 类似于学术身份证，有助于区分不同学者的研究工作，并且不容易使学者与其同名者的研究工作相混淆，得到了众多科技出版商的支持。鉴于 ORCID 的唯一性和获取的便捷性，首先通过每篇文献标注的作者的 ORCID 来进行同名消歧。值得注意的是，由于 ORCID 数据集自身更新不及时或者科技出版商未及时在文献中标注 ORCID 或者学者本人未注册或提交 ORCID 等问题，并不是每篇文献都会标注所有作者的 ORCID 信息。对于无法参与 ORCID 匹配的文献，为了提高研究数据质量，需要通过机构字段进一步筛选。在机构匹配中，首先对机构字段进行清洗，大小写、全称和简称等书写不规范以及分支机构隶属标准不统一等问题会导致数据的可靠性和准确度降低；然后从标注了 ORCID 的文献中获取学者的一个或多个机构作为第一匹配标准；最后针对有些学者的署名机构仍然无法被匹配的情况，选择将学者个人经历中列举的机构作为第二匹配标准，即将学者的署名机构与其个人经历简介中列出的机构进行匹配。个人经历介绍可以在学者的个人学术网站或者机构信息库中获取。最终获得学者 ID—文献标题新表，作为后续测度分析的初始数据。

1.3 测度指标

（1）合作规模：指学者的合著者数量。点度中心性（degree centrality，C_D）定义为某节点与多少个周围邻居节点相连 [24]。直接相连的节点越多，即度越大，则节点关系越广，节点在网络结构中的地位越重要。在无向网络中，任意一个节点的点度中心性的计算公式为：

$$C_D(i)=\sum_j A_{ij} \qquad \text{公式（2）}$$

其中，A_{ij} 表示节点 i 与节点 j 存在连接关系。基于点度中心性的定义，笔者将点度中心性指标应用于合作场景，测度合作规模。考虑到将合作对象限定在特定学科范围，不能反映全局的合作情况和指标的区分度问题，因此选择构建全局共现网络。首先基于学者 ID—文献标题新表和同名数据预处理流程，对研究对象的合著者们再次进行同名消歧。构建研究对象与所有合著者之间的全局共现网络后，将网络导入 Pajek 软件计算点度中心性。

（2）团体合作率：指学者与其所有合著者间形成团体的概率（团体的规模大于 2）。点聚集系数（clustering coefficient，CC）指网络中个体的聚集程度，即网络中某节点与其邻居节点间聚集成团的程度 [25]。任意一个节点的点聚集

知识管理论坛，2023(3): 193-201
DOI: 10.13266/j.issn.2095-5472.2023.017

系数的计算公式为：

$$CC(i)=\frac{2E_i}{N_i(N_i-1)}\qquad 公式（3）$$

其中，E_i 表示节点 i 的邻居节点间相连的边数；N_i 表示节点 i 的邻居节点个数，由此其所有邻居节点可能相连的总边数为 $N_i*(N_i-1)/2$。笔者选用社会网络指标点聚集系数来测度学者的团体合作率。将全局共现网络导入 Pajek 软件后可算出点聚集系数。

（3）国际合作率：指国际合作论文量的占比。国际合作论文指国家数量大于等于 2 且作者数量大于等于 2 的论文。国际合作率的计算公式为：

$$国际合作率=\frac{国际合作论文量}{论文总量}\qquad 公式（4）$$

（4）跨学科性：依据 A. Stirling 提出的跨学科性或者学科交叉测度框架，跨学科性具有 3 个维度——学科多样性、学科均衡性和学科差异性 [26]。Rao-stirling 指数整合这 3 个维度，成为目前研究中常用的跨学科性指标 [27]。基于 Rao-stirling 指数，笔者选用篇均 Rao-stirling，即学者发表的论文的 Rao-stirling 值总和除以论文总量，来测度学者的跨学科性。计算公式为：

$$篇均Rao-stirling=\frac{\sum_1^M(\sum D_{ij}P_iP_j)}{M}\qquad 公式（5）$$

其中，P_i 表示参考文献列表中属于学科 i 的文献数量占总文献数量的比例；D_{ij} 表示学科 i 和 j 之间的学科距离，可用余弦相似度计算，此外计算 D_{ij} 需要庞大的数据量，笔者采用 D. Chavarro 等提供的基于 JCR2007 的学科类别相似矩阵 [28]；M 表示学者的论文总量。

2 数据来源与预处理

笔者将天体物理学领域学者作为实证分析对象。天体物理学领域在早期跨学科研究中多被研究者选择为实证研究领域，且被证明跨学科性较强 [29]。将 Web of Science 核心合集数据库的科学引文索引扩展版作为数据来源。构建检索式：WC=(“Astronomy & Astrophysics”)，限定文献类型为 ARTICLE，出版年份为 2013—2022 年，共得到 208 100 篇期刊论文。在 208 100 篇文献中，依据数据库显示的统计结果，最高产的作者的发文量为 650 篇。笔者选取最低发文量为 313 篇的学者作为研究对象，共计 100 位。通过普赖斯核心作者分布定律计算得到核心作者的最低发文量为 20 篇。最低发文量 313 篇，远远大于阈值 20 篇，因此这些作者可以被认为是天体物理学领域的核心学者。

分别以表格和文本两类形式下载 100 位学者的 3 517 篇不重复论文及其参考文献信息。然后为每位学者建立学者 ID—文献标题—DOI—ORCID—机构表。依据 DOI 和学者名称，找到每篇文献，逐条填充学者的 ORCID 和机构信息，共计 40 988 条数据。基于上述流程处理同名数据，最终获得 37 982 条数据作为测度学者合作特征和跨学科性的初始数据。

3 指标计算

对 100 位学者的合著者们进行同名数据处理，并将两个作者合作发文的数量限制在 200 篇及以上以明确和强化合作关系。基于文献数据，运用编程计算 100 位学者与其 3 837 位合著者间的共现频次，构建作者共现网络后导入文献计量软件 Pajek 中计算得到点度中心性和点聚集系数。在 Excel 中联合使用 sumproduct 函数和 countif 函数统计每篇文献的机构地址所属国家的数量和作者数量，以阈值为 2 来判断该论文是否为国际合作论文，并计算国际合作率。

剔除缺少期刊信息等无效参考文献后获得 3 517 篇论文的 228 409 条有效参考文献。基于 JCR 提供的期刊简称—全称数据以及期刊简称—学科类别数据，依据期刊所属的学科类别划分每篇参考文献所属的学科类别。参考文献所属学科类别见表 1。最后通过编程算出每位学者的跨学科性。



表 1 参考文献所属学科类别(部分)

文献ID	参考文献信息	参考文献所属期刊	学科类别
N1	Abazajian KN, 2009, ASTROPHYS J SUPPL S, V182, P543	*ASTROPHYS J SUPPL S*	ASTRONOMY & ASTROPHYSICS
N1	Abramo LR, 2012, MON NOT R ASTRON SOC, V423, P3251	*MON NOT R ASTRON SOC*	ASTRONOMY & ASTROPHYSICS
N1	Alexander DM, 2013, ASTROPHYS J, V773	*ASTROPHYS J*	ASTRONOMY & ASTROPHYSICS
N1	Allard F, 2007, ASTRON ASTROPHYS, V474, pL21	*ASTRON ASTROPHYS*	ASTRONOMY & ASTROPHYSICS
……	……	……	……
N3517	Aubert B, 2002, NUCL INSTRUM METH A, V479, P1	*NUCL INSTRUM METH A*	NUCLEAR SCIENCE & TECHNOLOGY; INSTRUMENTS & INSTRUMENTATION; PHYSICS, NUCLEAR; PHYSICS, PARTICLES & FIELDS
N3517	Aubert B, 2010, PHYS REV D, V81	*PHYS REV D*	ASTRONOMY & ASTROPHYSICS ; PHYSICS, PARTICLES & FIELDS
N3517	Beneke M, 2003, NUCL PHYS B, V675, P333	*NUCL PHYS B*	PHYSICS, PARTICLES & FIELDS
N3517	Bjorken JD, 1970, PHYS REV D, V1, P1416	*PHYS REV D*	ASTRONOMY & ASTROPHYSICS ; PHYSICS, PARTICLES & FIELDS
N3517	Bona M, 2008, J HIGH ENERGY PHYS	*J HIGH ENERGY PHYS*	PHYSICS, PARTICLES & FIELDS

汇总 100 位学者的各特征测度结果，并按点度中心性降序排列，如表 2 所示：

表 2 学者各特征测度结果(部分)

学者ID	点度中心性	点聚集系数	国际合作率	篇均 Rao-stirling
N1	0.918	0.552	0.972	0.508
N2	0.559	0.79	0.990	0.425
N3	0.511	0.840	0.992	0.523
N4	0.509	0.849	0.938	0.488
N5	0.501	0.872	0.998	0.508
N6	0.499	0.878	0.942	0.518
N7	0.499	0.878	0.997	0.507
N8	0.497	0.878	0.997	0.510
N9	0.489	0.893	0.932	0.530
N10	0.484	0.911	0.997	0.512

4 相关性分析与结论

将学者的科研合作特征指标和跨学科性指标的测度结果导入 SPSS V25 软件中，利用皮尔逊相关系数分析学者的不同合作特征与其跨学科性的关系，相关性计算结果见表 3—表 5，经分析得到以下结论：

4.1 学者的合作规模与其跨学科性的关系分析

学者扩大合作规模，建立更多的合作伙伴关系有助于其输入跨学科知识。由表 3 结果分析可知，学者的合作规模（点度中心性）与其跨学科性（篇均 Rao-stirling）之间的皮尔逊相关系数为 0.325，符号为正，表示二者正相关，说明学者的合作规模与其跨学科性显著正相关，即学者的合著者数量越多，输入知识的跨学科性越强。由此可以推断，学者扩大合作规模有助于与不同学科领域的专业人员进行知识交流，输入多个学科领域的知识，将不同学科领域的知识融入到自身知识体系中，拓宽知识结构。

知识管理论坛，2023(3): 193-201
DOI: 10.13266/j.issn.2095-5472.2023.017

表 3 学者的合作规模与其跨学科性的相关系数结果

		点度中心性	篇均 Rao-stirling
点度中心性	皮尔逊相关性	1	0.325**
	Sig.（双尾）		0.001
	个案数	100	100
篇均 Rao-stirling	皮尔逊相关性	0.325**	1
	Sig.（双尾）	0.001	
	个案数	100	100

注：**在置信度（双尾）为0.01时，相关性是显著的

表 4 学者的团体合作率与其跨学科性的相关系数结果

		点聚集系数	篇均 Rao-stirling
点聚集系数	皮尔逊相关性	1	0.223*
	Sig.（双尾）		0.026
	个案数	100	100
篇均 Rao-stirling	皮尔逊相关性	0.223*	1
	Sig.（双尾）	0.026	
	个案数	100	100

注：*在置信度（双尾）为0.05时，相关性是显著的

表 5 学者的国际合作率与其跨学科性的相关系数结果

		国际合作率	篇均 Rao-stirling
国际合作率	皮尔逊相关性	1	0.250*
	Sig.（双尾）		0.012
	个案数	100	100
篇均 Rao-stirling	皮尔逊相关性	0.250*	1
	Sig.（双尾）	0.012	
	个案数	100	100

注：*在置信度（双尾）为0.05时，相关性是显著的

4.2 学者的团体合作率与其跨学科性的关系分析

学者参与团体合作，与团体内每位成员都开展知识交流，对于其输入跨学科知识具有一定的积极影响。由表 4 可知，学者的团体合作率（点聚集系数）与其跨学科性（篇均 Rao-stirling）之间的皮尔逊相关系数为 0.223，符号为正，说明对于个体而言，团体合作率与跨学科性呈现较为显著的正相关性，即学者与其所有合著者间形成团体的概率越高，输入知识的跨学科性越强。由此推断，学者参与团体合作有助于对其他学科领域的了解，均衡输入多个不同学科领域的知识，扩展输入知识的学科范围。在科学研究活动中，科研团队的一个特征是团队内成员优势互补。成员的知识结构是优势互补的重要方面，一些有突出成就的科研团队都具有多学科专业交叉的特点。英国剑桥分子生物学实验室的团队由核心科学家组成，他们具有不同的研究经验、不同的学科背景 [30]。学者参与团体或团队合作，有机会与队内不同学科背景的成员平等交流，吸收多学科专业知识，与成员共同攻克跨学科的科学难题，解决重大需求。

4.3 学者的国际合作率与其跨学科性的关系分析

学者参与国际合作有助于其输入跨学科知识。通过表 5 所示的皮尔逊相关系数计算结果可以发现，学者的国际合作率与其跨学科性（篇均 Rao-stirling）之间的皮尔逊相关系数为 0.25，符号为正，说明学者的国际合作率与其跨学科性之间正相关，并且相关性显著，即对于个体而言，学者参与国际合作的概率越高，输入知识的跨学科性越强。由此说明，学者参与国际合作，会接触到不同国家的学者，由于国际学者们自身不同的学科背景、不同的研究经验、不同的研究水平和思维方式等 [31]，有助于输入跨学科知识，建立跨学科知识体系，为提升科学创新能力，提高科研产出质量铺平道路。

经上述结果分析，笔者发现学者扩大合作规模、参与团体合作或者国际合作会促进跨学科研究。以俄罗斯天体物理学家 G. Mitselmakher 教授为例，G. Mitselmakher 教授曾与激光干涉引力波天文台（Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory，LIGO）科学合作组织的国际科学家们合作发表论文，描述了 LIGO 探测器在运行期间的特征。其引用文献的学科种类多样化，除了引用天文学和天体物理

学的文献外，还引用了粒子与场物理、光学、应用物理、量子科学与技术等其他学科的文献。其中，粒子与场物理、量子科学与技术学科的参考文献为论文的数据分析提供了数据支撑，光学、应用物理学学科的参考文献为描述探测器的配置提供了理论基础。

5 结语

笔者以天体物理学领域学者为实证研究对象，基于社会网络分析方法，探索学者科研合作与其跨学科性的关系。研究结果表明，学者的合作规模、团体合作率、国际合作率与跨学科性间呈现显著正相关关系。由此分析，学者扩大合作规模、参与团体合作和国际合作对于学者输入跨学科知识具有正向的积极影响。故建议参加或者从事跨学科研究的学者在优化自身科研合作策略时，结合研究问题的重要性、研究需求、合作成本、知识产权等多种因素，考虑合理调整合作规模，同时提高团体合作和国际合作的积极性。

本文存在以下局限性：①研究结论的得出仅基于天体物理学领域，其是否适用于其他学科领域有待进一步验证；②本文从论文的角度展开分析，受限于论文标引的规范，文献的学科分类受限于期刊分类的不够精确性；③由于借用现有成熟的指标，某些合作情况（如合作者机构性质、合作者学科领域、合作国家等）没有完全被考虑到；④仅在个体层面进行研究，群体层面的结论是否与个体层面一致将有待被继续挖掘。

参考文献：

[1] 王孜丹 , 杜鹏 , 马新勇 . 从交叉学科到学科交叉：美国案例及启示 [J]. 科学通报 , 2021, 66(9): 965-973.

[2] PORTER A, ROESSNER J, COHEN A, et al. Interdisciplinary research: meaning, metrics and nurture[J]. Research evaluation, 2006, 15(3): 187-195.

[3] Committee on Facilitating Interdisciplinary Research. Facilitating interdisciplinary research[R]. Washington, DC: National Academies Press, 2005.

[4] 樊春良 , 樊天 . 国外学科交叉研究的发展趋势及启示 [J]. 中国科学基金 , 2019, 33(5): 446-452.

[5] 朱蔚彤 . 国家自然科学基金委员会资助学科交叉研究模式分析 [J]. 中国科学基金 , 2006(3): 184-189.

[6] KLEIN J T, FALK KRZESINSKI H J. Interdisciplinary and collaborative work: framing promotion and tenure practices and policies[J]. Research policy, 2017, 46(6): 1055-1061.

[7] 曾粤亮 , 司莉 . 跨学科科研合作：背景、理论研究与实践进展 [J]. 图书情报工作 , 2021, 65(10): 127-140.

[8] 杨文晖 . 磁共振成像发展与超高场磁共振成像技术 [J]. 物理 , 2019, 48(4): 227-236.

[9] PESSOA J, DIAS G J, SILVA T M, et al. On interdisciplinary collaborations in scientific coauthorship networks: the case of the Brazilian community[J]. Scientometrics, 2020, 124(3): 2341-2360.

[10] LINDGREEN A, BENEDETTO D. How to undertake great cross-disciplinary research[J]. Industrial marketing management, 2020, 90: 1-5.

[11] DIANA R, STEPHANIE P. Women in interdisciplinary science: exploring preferences and consequences[J]. Research policy, 2007, 36(1): 0-75.

[12] RIJNSOEVER F J V, HESSELS L K. Factors associated with disciplinary and interdisciplinary research collaboration[J]. Research policy, 2011, 40(3): 463-472.

[13] FENG S, KIRKLEY A. Mixing patterns in interdisciplinary co-authorship networks at multiple scales[J]. Scientific Reports, 2020, 10(1): 773.

[14] MILMAN A, BOLSON J, MARSTON J M, et al. Scholarly motivations to conduct interdisciplinary climate change research [J]. Journal of environmental studies and sciences, 2017, 7(2): 239-250.

[15] 张琳 , 孙蓓蓓 , 黄颖 . 交叉科学研究：内涵、测度与影响 [J]. 科研管理 , 2020, 41(7): 279-288.

[16] 胡泽文 , 崔静静 , 任萍 . 国内科研合作研究进展综述 [J]. 现代情报 , 2022, 42(6): 148-159.

[17] PIERCE S J. Boundary crossing in research literatures as a means of interdisciplinary information transfer[J]. Journal of documentation, 1993, 49(4): 370-408.

[18] 刘雪立 , 赵俊玲 . 图书情报学期刊和论文的跨学科强度与其学术影响力的关系 [J]. 中国科技期刊研究 , 2021, 32(3): 411-417.

[19] 张雪 , 刘昊 , 张志强 . 不同合作模式下的学科交叉程度与文献学术影响力关系研究 [J]. 情报杂志 , 2021, 40(8): 164-172.

知识管理论坛，2023(3): 193-201
DOI: 10.13266/j.issn.2095-5472.2023.017

[20] 李江．“跨学科性”的概念框架与测度 [J]. 图书情报知识 , 2014(3): 87-93.
[21] 崔林蔚 . 学术影响力的性别差异：学者跨学科性的视角 [J]. 科学学研究 , 2023, 41(5): 777-786.
[22] 徐璐 , 李长玲 , 荣国阳 . 期刊的跨学科引用对跨学科知识输出的影响研究——以图书情报领域为例 [J]. 情报杂志 , 2021, 40(7): 182-188.
[23] 丁学东 . 文献计量学基础 [M]. 北京 : 北京大学出版社 , 1992.
[24] STEVERSON K, ZELEN M. Rethinking centrality: methods and examples[J]. Social networks, 1989, 11(1): 1-37.
[25] DIMITROPOULOS X, KRIOUKOV D, FOMENKOV M, et al. As relationships inference and validation[J]. Sigcomm computer communications reviews, 2007, 37(1): 29-40.
[26] STIRLING A. A general framework for analysing diversity in science, technology and society[J]. Journal of the Royal Society Interface, 2007, 4(15): 707-719.
[27] 张雪 , 张志强 . 学科交叉研究系统综述 [J]. 图书情报工作 , 2020, 64(14): 112-125.
[28] CHAVARRO D, TANG P, RAFOLS I. Interdisciplinarity and research on local issues: evidence from a developing country[J]. Research evaluation, 2014, 23(3): 195-209.
[29] TASKIN Z, AYDINOGLU A U. Collaborative interdisciplinary astrobiology research: a bibliometric study of the NASA Astrobiology Institute[J]. Scientometrics, 2015, 103 (3): 1003-1022.
[30] 康旭东 , 王前 , 郭东明 . 科研团体建设的若干理论问题 [J]. 科学学研究 , 2005(2): 232-236.
[31] 王文平 , 刘云 , 何颖 , 等 . 国际科技合作对跨学科研究影响的评价研究——基于文献计量学分析的视角 [J]. 科研管理 , 2015, 36 (3): 127-137.

作者贡献说明：
殷　茜：收集与分析数据，撰写论文；
李泽霞：修改论文。

Research on Relationship Between Scholars' Scientific Research Cooperation and Interdisciplinarity Based on Social Network——Taking Scholars in Astrophysics as an Example

Yin Xi[1,2] Li Zexia[1]
[1]National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190
[2]Department of Information Resources Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

Abstract: [Purpose/Significance] The study explored the relationship between scholars' scientific research cooperation and interdisciplinarity, in order to provide suggestions for scholars engaged in interdisciplinary research to improve their own cooperation modes, and evidence for optimizing cooperation strategies in the process of cultivating interdisciplinary talents. **[Method/Process]** Scholars are selected according to Price core author distribution theory. Based on Web of Science data, the study constructed the co-occurrence network of authors, used node degree centrality to measure the scale of cooperation, node clustering coefficient to measure the group cooperation rate, and proportion of international cooperation papers to measure the international cooperation rate; measured interdisciplinarity of scholars based on Rao-stirling. From the individual level, analyzed the relationship between scientific research cooperation and interdisciplinarity. **[Result/Conclusion]** Taking scholars in astrophysics as an example, the study found that the cooperation scale, group and international cooperation rate of scholars are significantly positively correlated with their interdisciplinarity. They are the factors that affect scholars' interdisciplinarity. And then infer that expansion of cooperation scale, participating in teamwork and international cooperation will all help them absorb more interdisciplinary knowledge, improve knowledge structure, and produce high-quality researches.

Keywords: scientific research collaboration　interdisciplinarity　social network　bibliometrics